



<b>(51) Internationale Patentklassifikation 6 :</b> <b>G01C</b>	<b>A2</b>	<b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/57511</b> <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 11. November 1999 (11.11.99)
<b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/DE99/01238 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 24. April 1999 (24.04.99) <b>(30) Prioritätsdaten:</b> 198 19 844.2 5. Mai 1998 (05.05.98) DE <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> VDO LUFTFAHRTGERÄTE WERK GMBH [DE/DE]; An der Sandelmühle 13, D-60423 Frankfurt am Main (DE). <b>(72) Erfinder; und</b> <b>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US):</b> KAUFHOLD, Rainer [DE/DE]; Carl-Ulrich-Strasse 2B, D-64297 Darmstadt (DE). <b>(74) Anwalt:</b> GORNOTT, Dietmar; Zilleweg 29, D-64291 Darm- stadt (DE).	<b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> CA, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).  <b>Veröffentlicht</b> <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu          veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	

**(54) Title:** METHOD FOR REPRESENTATION OF THE TERRAIN

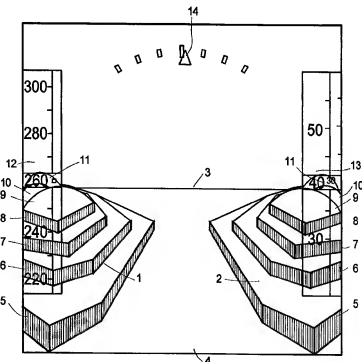
**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR DARSTELLUNG VON GELÄNDE

**(57) Abstract**

In order to improve the representation of the terrain on a Primary Flight Display and a navigation display, the terrain is represented at least partially in the form of a stratified model of the terrain and/or the representation of at least the lower parts of the terrain are shown in a less showy color, particularly gray. Measures are also disclosed enabling reliable recognition of topographical elevations on the navigation display and producing a sufficiently in-depth representation of the terrain in front of the plane during flights at high altitudes.

**(57) Zusammenfassung**

Zur Verbesserung der Darstellung von Gelände auf einem Primary-Flight-Display und einem Navigationsdisplay ist vorgesehen, daß das Gelände mindestens teilweise in Form eines Schichtenmodells des Geländes dargestellt wird und/oder daß die Darstellung zumindestens der unteren Teile des Geländes in einer weniger auffälligen Farbe, insbesondere Grau, erfolgt. Es werden ebenfalls Maßnahmen vorgeschlagen, die zu einer sicheren Erkennung von Erhebungen im Navigationsdisplay führen und die beim Flug in großen Höhen eine ausreichend tiefe Darstellung des Geländes vor dem Flugzeug bewirken.



# LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Verfahren zur Darstellung von Gelände

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Darstellung von Gelände auf einer Anzeigevorrichtung eines Flugzeugs.

In zunehmenden Maße werden Darstellungen des jeweils vorausliegenden oder des jeweils überflogenden Geländes zu Zwecken der Flugführung angewendet. Dazu wird eine Datenbank mitgeführt, welche ein Modell des Geländes enthält. Zur Darstellung auf einem Bildschirm, beispielsweise Flüssigkristalldisplay, Plasmadisplay oder Bildschirm einer Kathodenstrahlröhre, - im folgenden auch Display genannt - werden die Daten aus der Geländedatenbank in geeigneter Weise aufbereitet, so daß beispielsweise eine perspektivische Ansicht in Flugrichtung oder ein Ausschnitt aus einer Landkarte sichtbar gemacht wird.

Die Geländedarstellung in Flugrichtung erfolgt üblicherweise in einem sogenannten PFD (= Primary-Flight-Display) zusammen mit weiteren Anzeigen, insbesondere Zeigern, Skalen und alphanumerischen Darstellungen. Ein solches Primary-Flight-Display, das außer diesen Informationen noch einen Prädiktor und gegebenenfalls Sollflugpfade zeigt, ist in EP 0 418 558 B2 beschrieben.

Die bisherigen Bemühungen auf diesem Gebiet führten zu einer möglichst realistischen Darstellung des Geländes. Dabei wird zur Darstellung beliebig geformter Flächen häufig ein sogenanntes Rastermodell verwendet, bei dem zwischen gegebenenfalls in unregelmäßigen Abständen angeordneten Stützpunkten Flächen aufgespannt werden, welche die entsprechenden Teile der gesamten Fläche angenähert wiedergeben.

Im Zuge von der Erfindung vorangegangenen Untersuchungen hat sich herausgestellt, daß eine realistische Darstellung des Geländes von den weiteren Anzeigen ablenken und gegebenenfalls auch Anlaß zu Fehlinterpretationen geben kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, die Darstellung des Geländes derart vorzunehmen, daß sie einerseits die Erkennbarkeit der weiteren Anzeigen nicht vermindert und andererseits trotzdem für den Piloten wichtige Informationen in unmißverständlicher Weise ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch gelöst, daß das Gelände mindestens teilweise in Form eines Schichtenmodells des Geländes dargestellt wird.

Das Schichtenmodell stellt eine relativ grobe Approximation des Geländes dar. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die Menge der dargebotenen einzelnen Informationen wesentlich herabgesetzt. Vorzugsweise ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, daß die jeweils sichtbaren Oberflächen der Schichten auf vorgegebenen Höhen liegend dargestellt sind, wobei die Höhe des Geländes jeweils durch die darüberliegende vorgegebene Höhe ersetzt

wird. Dadurch ist ein einfaches Abschätzen der Höhe von Erhebungen möglich, wobei die dargestellte Höhe der Erhebungen aus Sicherheitsgründen gegenüber dem realistischen Gelände meistens höher, mindestens jedoch gleich hoch erscheint.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei die Darstellung perspektivisch ist und aus einer Blickrichtung erfolgt, die im wesentlichen der Flugrichtung entspricht, besteht darin, daß Teile des Geländes, die oberhalb einer vorgegebenen Höhe liegen, als genauere Approximation dargestellt sind.

Bei dieser vorteilhaften Ausgestaltung eines Primary-Flight-Displays werden Teile des Geländes, die unterhalb einer für den Piloten interessanten Höhe liegen, schematisiert dargestellt, während diejenigen Teile, die in einem den Piloten interessierenden Höhenbereich liegen, relativ realistisch dargestellt sind. Vorzugsweise ist bei dieser Ausgestaltung vorgesehen, daß die vorgegebene Höhe um eine vorgegebene Höhendifferenz unterhalb des Flugzeugs liegt.

Um sich auch während des Landeanflugs an Einzelheiten des Geländes orientieren zu können, kann diese Ausführungsform derart weitergebildet sein, daß in einem vorgegebenen Bereich um eine Start- und Landebahn das Gelände entsprechend den natürlichen Höhen dargestellt wird. Dabei kann ein abrupter Übergang zur Darstellung des Schichtenmodells dadurch vermieden werden, daß in einem weiteren Bereich um eine Start- und Landebahn dünnere Schichten dargestellt werden.

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens trägt zur sicheren Informationsaufnahme dadurch bei, daß die Darstellung zumindestens der unteren Teile des

Geländes in einer weniger auffälligen Farbe, insbesondere Grau, erfolgt. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, daß das Gelände mindestens teilweise in Form eines Schichtenmodells des Geländes dargestellt wird und daß die unteren Schichten in der weniger auffälligen Farbe dargestellt werden. Bei dieser Weiterbildung treten die den Piloten interessierenden Geländeteile besonders deutlich in Erscheinung, wenn oberhalb einer bestimmten Höhe liegende Geländeteile mit mindestens einer auffälligen Farbe dargestellt sind. Dabei kann die bestimmte Höhe um eine vorgegebene Höhendifferenz unterhalb der jeweiligen Flughöhe des Flugzeugs liegen. Desweiteren kann dabei vorgesehen sein, daß die Geländeteile oberhalb der Flughöhe in einer besonders auffälligen Farbe (Warnfarbe) dargestellt sind.

Um auch bei den an sich farblich unauffällig gestalteten tieferen Geländelagen eine Schätzung der Höhen zu erleichtern, kann bei dieser Ausgestaltung vorgesehen sein, daß die seitlichen Begrenzungen (Wände) der Schichten farblich von den Oberflächen der Schichten abgehoben sind und/oder daß den einzelnen Schichten verschiedene Farben bzw. Graustufen zugeordnet werden.

Damit sehr weit entfernte Teile des Geländes, die zwar für einen Gesamteindruck nicht unwichtig sein mögen, die unmittelbare Aufmerksamkeit des Piloten nicht auf sich lenken, ist bei einer anderen Weiterbildung vorgesehen, daß Teile des Geländes, welche vom Flugzeug weiter entfernt sind, mit weniger auffälligen Farben, insbesondere Grau, dargestellt werden.

Je höher ein Flugzeug fliegt, desto weiter ist der bei gegebenem Blickwinkel nächste sichtbare Punkt des Geländes dem Flugzeug voraus. Wird jedoch aus Gründen der Rechenkapazität lediglich der Raum innerhalb einer vorgegebenen Pyramide auf dem Bildschirm dargestellt, so

entsteht bei großen Flughöhen ein recht unnatürlicher Eindruck. Dieses kann bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung, bei der die Darstellung perspektivisch ist und aus einer Blickrichtung erfolgt, die im wesentlichen der Flugrichtung entspricht, dadurch verhindert werden, daß diejenigen Teile des Geländes dargestellt werden, die innerhalb einer Sichtpyramide liegen, deren entfernte Begrenzungsebene in Abhängigkeit von der jeweiligen Flughöhe derart gesteuert wird, daß sie um eine vorgegebene Entfernung weiter vom Flugzeug entfernt ist als der Schnittpunkt der Sichtpyramide mit dem Boden.

Eine unauffälligere Darstellung der tiefen Teile des Geländes unter Beibehaltung einer genaueren Modellierung kann bei einer anderen Ausführungsform dadurch erreicht werden, daß das Gelände in Form eines Rastermodells des Geländes dargestellt wird, wobei Stützpunkte jeweils auf Höhenlinien liegen, und daß die Flächen zwischen jeweils zwei angrenzenden Höhenlinien mit einer Farbe versehen sind, die sich von der Farbe der Flächen zwischen anderen Höhenlinien unterscheidet.

Ein Navigationsdisplay wird gemäß der Aufgabenstellung dadurch verbessert, daß die Darstellung zumindestens der unteren Teile des Geländes in einer weniger auffälligen Farbe, insbesondere Grau, erfolgt. Dabei ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Darstellung in Form von Höhenlinien erfolgt, wobei die Fläche zwischen jeweils zwei benachbarten Höhenlinien (Höhenstufe) mit einer Farbe, insbesondere Grau, ausgefüllt wird, die von Höhenstufe zu Höhenstufe verschieden ist. Zur Erzielung einer plastischeren Darstellung kann dabei vorgesehen sein, daß der Darstellung der Höhenlinien ein Modell des Geländes überlagert wird, für das die Wirkung einer Beleuchtung berechnet wird.

Um eine Fehlinterpretation der mit den Höhenlinien angedeuteten Höhen und Tiefen zu vermeiden, kann bei dieser Ausführungsform vorgesehen sein, daß die Beleuchtung bezogen auf den Bildschirm von oben einfällt.

Diese Ausführungsform der Erfindung kann dadurch weitergebildet werden, daß Teile des Geländes, die für die Flugführung relevant sind, mit einer auffälligen Farbe dargestellt werden. Diese Farbe kann je nach Bedarf nuanciert werden, beispielsweise in Abhängigkeit von unterschiedlichen Gefährdstufen.

Schließlich kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, daß zur besseren Erkennbarkeit von Luftfahrthindernissen diese quaderförmig dargestellt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung anhand mehrerer Figuren dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigt:

- Fig. 1 eine vereinfachte Bildschirmdarstellung, welche dem Piloten die wichtigsten Informationen zur Flugführung übermittelt,
- Fig. 2 ein Blockschaltbild einer Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Fig. 3 ein Höhenprofil als Schichtenmodell,
- Fig. 4 ein weiteres Höhenprofil,
- Fig. 5 einen Vergleich einer Darstellung des Geländes als Rastermodell und als Schichtenmodell,



Fig. 6 einen weiteren Vergleich aus einem anderen Blickwinkel,

Fig. 7 eine Profildarstellung zur Erläuterung des Übergangs vom Schichten- zum Rastermodell,

Fig. 8 eine seitliche Ansicht zur Erläuterung des jeweils dargestellten Raumes,

Fig. 9 einen Bildschirm mit einer Kartendarstellung und

Fig. 10 die Darstellung eines Luftfahrthindernisses.

Fig. 1 zeigt als stark vereinfachtes Ausführungsbeispiel eines Primary-Flight-Displays einen Bildschirm mit Blick auf ein Gelände mit zwei Bergen 1, 2 und einem Horizont 3. Zwischen den Bergen 1, 2 befindet sich eine Ebene 4. Die Berge sind jeweils in Form von Schichten 5, 6, 7, 8 modelliert. Geländeteile, die höher als die Schicht 8 sind, werden in Annäherung an ihre tatsächliche Form mit Hilfe eines an sich bekannten Rastermodells dargestellt, so daß die Bergkuppen 9, 10, 11 etwa realistisch erscheinen. Außerdem enthält das Primary-Flight-Display weitere Anzeigen, von denen lediglich eine Geschwindigkeitsanzeige 12, eine Höhenanzeige 13 und eine Rollwinkelanzeige 14 in der Figur dargestellt sind. Meistens werden im Primary-Flight-Display auf dem Gelände noch Gitterlinien dargestellt, die der Übersichtlichkeit halber in Fig. 1 jedoch fortgelassen sind.

Fig. 2 zeigt Teile einer Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Diese besteht im wesentlichen aus einem Computer 21, einer Datenbank 22 für das Gelände und einer Anzeigevorrichtung 23. Letztere kann beispielsweise von einer Flüssigkristallanzeige oder von einer Kathodenstrahlröhre gebildet sein. Dem Computer sind

und einer Anzeigevorrichtung 23. Letztere kann beispielsweise von einer Flüssigkristallanzeige oder von einer Kathodenstrahlröhre gebildet sein. Dem Computer sind über Eingänge 24 verschiedene Informationen zuführbar, beispielsweise die Flughöhe, die Flugrichtung, der Nickwinkel, der Rollwinkel und eine Vielzahl von Daten, die mit Hilfe von in die Abbildungen nach Fig. 1 eingefügten Zeigern und Skalen sichtbar gemacht werden.

Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt durch ein Gelände mit überhöhter Höhendarstellung. In einem Umkreis mit dem Radius  $r_1$  eines Flughafenreferenzpunktes 27 (ARP = Airport reference point) ist das Gelände als Rastermodell, das heißt in weitgehend realistischer Form dargestellt. Außerhalb dieses Kreises ist das Gelände als Schichtenmodell dargestellt, wobei jeweils die Oberfläche einer Schicht höher als die darunterliegende Geländeoberfläche ist und sich auf einer ausgewählten Höhenstufe befindet. Die dadurch entstehende Geländeoberfläche 28 ist für den Streckenflug relativ grob abgestuft, beispielsweise mit Stufenhöhen von 1000 Fuß.

Diese Abstufung geht beim Eintritt in den Ladeanflug des Flugzeugs 29 zur Landebahn 32, der in der Regel in einer Höhe von 4000 Fuß über Grund erfolgt und bei einem Gleitwinkel zwischen  $2,7^\circ$  und  $3,3^\circ$  in einem Abstand von etwa  $r_2 = 25$  km vom Flughafenreferenzpunkt 27 beginnt, in feinere Stufungen von jeweils 500 Fuß über. Da mit abnehmender Flughöhe  $H$  die exakte Radarhöheninformation zunehmend an Bedeutung gewinnt, werden, wie bereits erwähnt, in einem Abstand von etwa  $r_1 = 15$  km zum Flughafenreferenzpunkt 27 die Geländehöhen realistisch abgebildet.

Der Übergang zwischen den Höhenstufen erfolgt jeweils durch vertikale Flächen (Wände) 30, wodurch eine Hervorhebung der Gradienten, die das Gefährdungspotential widerspiegeln,

erzielt wird. Desweiteren erhält man durch die Wände eine vertikale Bezugsgröße, wodurch das Abschätzen von Höhen und Höhenänderungen wesentlich vereinfacht wird. Zur Hervorhebung der Wände können diese in einer anderen Farbe bzw. in einem dunkleren Grauton wiedergegeben werden. Dadurch entsteht ein relativ natürlicher Eindruck, da auch bei einer Beleuchtung von oben die Wände dunkler erscheinen.

Obwohl mit dem Schichtenmodell eine Einhüllende der vorliegenden Geländestruktur beschrieben wird, impliziert die Darstellung keine definierte Geländefreiheit, da der Abstand zwischen der Höhe der Geländepunkte und des Höhenbandes in aller Regel variiert und auch gleich 0 sein kann. Fig. 4 zeigt schematisch, wie eine Geländesicherheit in einfacher Weise in das Schichtenmodell aufgenommen werden kann, indem beispielsweise vor der Vornahme der Höhenstufung der jeweiligen Höhe 10 % (32) ihres jeweiligen Höhenwertes hinzuaddiert werden.

Die Darstellung des Geländes als Schichtenmodell ermöglicht ferner tatsächlich ansteigendes oder abfallendes Gelände von einem durch entsprechend der Fluglage scheinbar ansteigenden bzw. abfallenden Gelände zu unterscheiden. So zeigt beispielsweise Fig. 5 die gleiche Situation, bei welchem ein Flugzeug horizontal über einer nach rechts ansteigenden Ebene fliegt. Dabei zeigt Fig. 5a diese Situation bei der Darstellung des Geländes als Rastermodell, während der Darstellung nach Fig. 5b ein Schichtenmodell zugrundeliegt. Die gestrichelte Linie verläuft horizontal. Im Fall von Fig. 5a kann der Pilot - abgesehen von der relativ unscheinbaren gestrichelten Linie - nicht unterscheiden, ob die Schräglage des Geländes tatsächlich auf einem schrägen Gelände oder auf einer Schräglage des Flugzeugs beruht. Diese Schwierigkeit besteht bei der Darstellung mit Hilfe des Schichtenmodells gemäß Fig. 5b nicht.

Eine weitere Situation, bei welcher das Schichtenmodell informativer ist, zeigt Fig. 6. Hier wird ein nach vorn gleichmäßig ansteigendes Gelände als Rastermodell (Fig. 6a) und als Schichtenmodell (Fig. 6b) dargestellt. Im Falle von Fig. 6a kann der Pilot nicht ohne Zuhilfenahme weiterer Anzeigen erkennen, ob er über ein nach vorn ansteigendes Gelände fliegt oder ob ein negativer Nickwinkel vorliegt.

Wie bereits im Zusammenhang mit Fig. 1 erwähnt, kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, daß Geländeteile über einer bestimmten Höhe als Rastermodell dargestellt werden. Gemäß Fig. 7 kann diese bestimmte Höhe in Abhängigkeit von der Flughöhe des Flugzeugs gesteuert werden. Fliegt beispielsweise gemäß Fig. 7a ein Flugzeug in einer derartigen Höhe, daß die höchsten Geländeteile (Bergspitzen) niedriger als ein Abstand  $d$  unterhalb des Flugzeugs (Linie 33) sind, wird für das ganze Gelände das Schichtenmodell gewählt. Im Falle von Fig. 7b fliegt das Flugzeug tiefer, so daß die oberhalb der gestrichelten Linie 34 liegenden Geländeteile als Rastermodell dargestellt sind. Fig. 7c zeigt den Fall, daß das Flugzeug 29 noch tiefer fliegt, so daß bereits oberhalb einer Linie 35 eine Rastermodelldarstellung erfolgt.

Fig. 8 zeigt den im Display sichtbaren Bereich des vor dem Flugzeug liegenden Raumes für zwei Flugzeuge 45, 46 mit den Höhen  $h_1$  und  $h_2$ . Dieser sichtbare Bereich - im folgenden auch Sichtpyramide genannt - ist nicht nur jeweils durch Randstrahlen 41, 42 begrenzt, sondern auch bezüglich der Entfernung  $d_t$  vom Betrachtungspunkt 43 bzw. der durch diesen Betrachtungspunkt senkrecht zur Vorwärtsrichtung  $x$  verlaufenden Ebene 44. Diese Begrenzung 47 ist durch die endliche Rechenleistung des Computers gegeben. Ansonsten müßten für eine beliebig große Fläche des Geländes Berechnungen für die darzustellenden graphischen Elemente durchgeführt werden, die dann ohnehin im einzelnen so klein

wären, daß sie auf dem Display nicht mehr erkennbar sind. Bei einem in der Höhe  $h_2$  relativ niedrig fliegenden Flugzeug 46 befindet sich ein relativ großer Teil  $ds$  der somit darstellbaren Tiefe des Geländes innerhalb der Sichtpyramide. Damit sieht der Pilot eine im Verhältnis zur Höhe relativ große Strecke vor sich.

Bei einem mit der Höhe  $h_1$  höher fliegenden Flugzeug 45 wird ohne weitere Maßnahmen die in die Sichtpyramide fallende Strecke  $ds_1$  relativ kurz, was im Display einen unnatürlichen Eindruck hervorruft. Deshalb wird bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel die entfernte Begrenzungsebene 48 in Abhängigkeit von der Flughöhe  $h$  in Richtung  $x$  verschoben.

Fig. 9 zeigt einen Ausschnitt aus einer Landkarte als Navigationsdisplay, wobei vereinfacht ein kegelförmiger Berg dargestellt ist, der sich aus einer Ebene erhebt. Dabei sind die Höhenstufen von links unten nach rechts oben schraffiert, wobei jeweils eine dichtere Schraffur einen dunkleren Grauton darstellt. Im einzelnen sind dies die Höhenstufe 51, in welcher sich die Ebene befindet, und Höhenstufen 52, 53, 54 des Berges. Die höchste Höhenstufe 54 ist nicht schraffiert. Ohne die bereits erwähnte Beleuchtung wäre die Darstellung wenig informativ, insbesondere würde ein Höhenempfinden fehlen. Außerdem würde nur durch bewußte Verarbeitung des Gesehenen zwischen Bergen und Tälern unterschieden werden können.

Das in Fig. 9 dargestellte Navigationsdisplay enthält deshalb nicht nur Höhenlinien 55 und verschieden getönte Höhenstufen 51 bis 54, sondern auch ein relativ gut angenähertes Modell des Geländes, das bezogen auf den Bildschirm von oben beleuchtet ist. Bei der Berechnung der Wirkung einer solchen Beleuchtung wird davon ausgegangen, daß Flächen, auf welche die Beleuchtung senkrecht auftritt, am meisten aufgehellt werden, während dazu schräg stehende

Flächen weniger und von der Lichtquelle abgewandte Flächen nicht (zusätzlich) beleuchtet werden.

besseren Erkennbarkeit des Quaders kann auch gleich abgeschätzt werden, ob sich das Flugzeug oberhalb oder unterhalb der Höhe des Luftfahrthindernisses befindet, wenn nämlich die obere Fläche des Quaders sichtbar oder nicht sichtbar ist.

### Ansprüche

1. Verfahren zur Darstellung von Gelände auf einer Anzeigevorrichtung eines Flugzeugs, dadurch gekennzeichnet, daß das Gelände mindestens teilweise in Form eines Schichtenmodells des Geländes dargestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils sichtbaren Oberflächen der Schichten auf vorgegebenen Höhen liegend dargestellt sind, wobei die Höhe des Geländes jeweils durch die darüberliegende vorgegebene Höhe ersetzt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Darstellung perspektivisch ist und aus einer Blickrichtung erfolgt, die im wesentlichen der Flugrichtung entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß Teile des Geländes, die oberhalb einer vorgegebenen Höhe liegen, als genauere Approximation dargestellt sind.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Höhe um eine vorgegebene Höhendifferenz unterhalb des Flugzeugs liegt.



5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß in einem vorgegebenen Bereich um eine Start- und Landebahn das Gelände entsprechend den natürlichen Höhen dargestellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß in einem weiteren Bereich um eine Start- und Landebahn dünnere Schichten dargestellt werden.
7. Verfahren zur Darstellung von Gelände auf einer Anzeigevorrichtung eines Flugzeugs, dadurch gekennzeichnet, daß die Darstellung zumindestens der unteren Teile des Geländes in einer weniger auffälligen Farbe, insbesondere Grau, erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Gelände mindestens teilweise in Form eines Schichtenmodells des Geländes dargestellt wird und daß die unteren Schichten in der weniger auffälligen Farbe dargestellt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb einer bestimmten Höhe liegende Geländeteile mit mindestens einer auffälligen Farbe dargestellt sind.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die seitlichen Begrenzungen (Wände) der Schichten farblich von den Oberflächen der Schichten abgehoben sind.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß den einzelnen Schichten verschiedene Farben bzw. Graustufen zugeordnet werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß Teile des Geländes, welche vom Flugzeug weiter entfernt sind, mit weniger auffälligen Farben, insbesondere Grau, dargestellt werden.
13. Verfahren zur Darstellung von Gelände auf einer Anzeigevorrichtung eines Flugzeugs, wobei die Darstellung perspektivisch ist und aus einer Blickrichtung erfolgt, die im wesentlichen der Flugrichtung entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß diejenigen Teile des Geländes dargestellt werden, die innerhalb einer Sichtpyramide liegen, deren entfernte Begrenzungsebene in Abhängigkeit von der jeweiligen Flughöhe derart gesteuert wird, daß sie um eine vorgegebene Entfernung weiter vom Flugzeug entfernt ist als der Schnittpunkt der Sichtpyramide mit dem Boden.
14. Verfahren zur Darstellung von Gelände auf einer Anzeigevorrichtung eines Flugzeugs, wobei die Darstellung perspektivisch ist und aus einer Blickrichtung erfolgt, die im wesentlichen der Flugrichtung entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß das Gelände in Form eines Rastermodells des Geländes dargestellt wird, wobei Stützpunkte jeweils auf Höhenlinien liegen, und daß die Flächen zwischen jeweils zwei angrenzenden Höhenlinien mit einer Farbe versehen sind, die sich von der Farbe der Flächen zwischen anderen Höhenlinien unterscheidet.
15. Verfahren zur Darstellung von Gelände auf einer Anzeigevorrichtung eines Flugzeugs in Form einer Landkarte, dadurch gekennzeichnet, daß die Darstellung zumindestens der unteren Teile des Geländes in einer weniger auffälligen Farbe, insbesondere Grau, erfolgt.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Darstellung in Form von Höhenlinien erfolgt, wobei die Fläche zwischen jeweils zwei benachbarten Höhenlinien

(Höhenstufe) mit einer Farbe, insbesondere Grau, ausgefüllt wird, die von Höhenstufe zu Höhenstufe verschieden ist.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Darstellung der Höhenlinien ein Modell des Geländes überlagert wird, für das die Wirkung einer Beleuchtung berechnet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtung bezogen auf den Bildschirm von oben einfällt.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß Teile des Geländes, die für die Flugführung relevant sind, mit einer auffälligen Farbe dargestellt werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß Luftfahrthindernisse quaderförmig dargestellt werden.

1/5

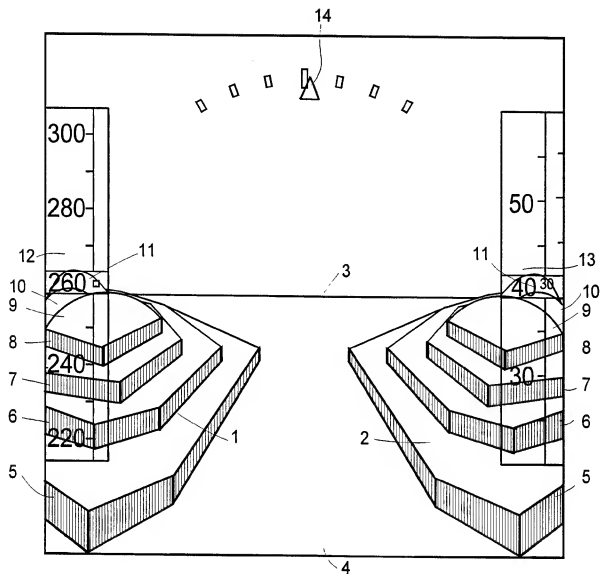


Fig. 1

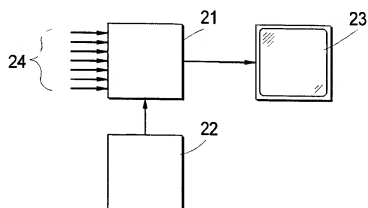


Fig. 2

2/5

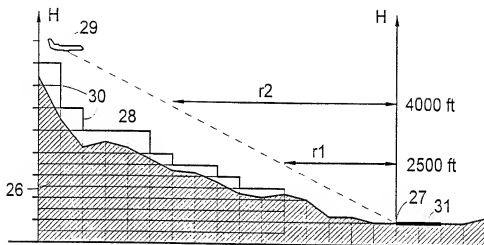


Fig.3

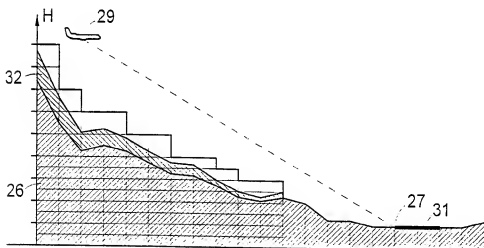


Fig.4

3/5

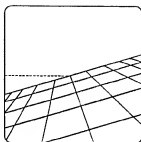


Fig. 5a

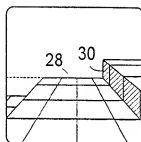


Fig. 5b

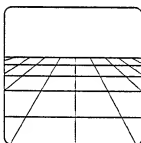


Fig. 6a

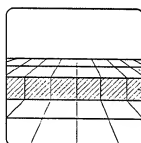


Fig. 6b

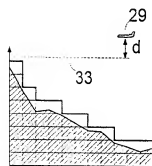


Fig. 7a

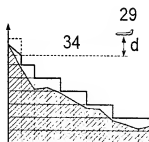


Fig. 7b

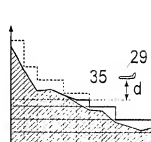


Fig. 7c



Anlage 1 zur Patentanmeldung 2897 VL PC 01

